

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-242720

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 P 7/06  
1/207  
3/18

H 0 1 P 7/06  
1/207  
3/18

Z  
A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-40646

(22) 出願日 平成 9 年 (1997) 2 月 25 日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 久保田 和彦

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 伊勢 智之

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 弁理士 小森 久夫

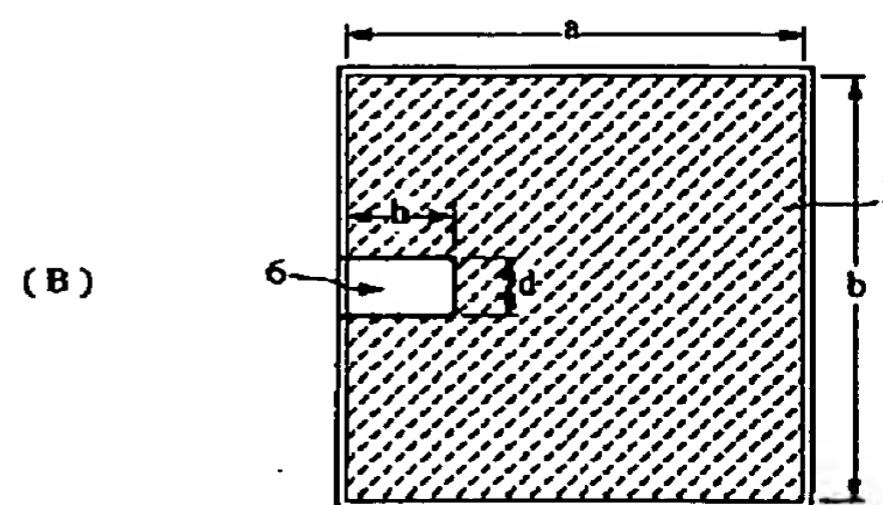
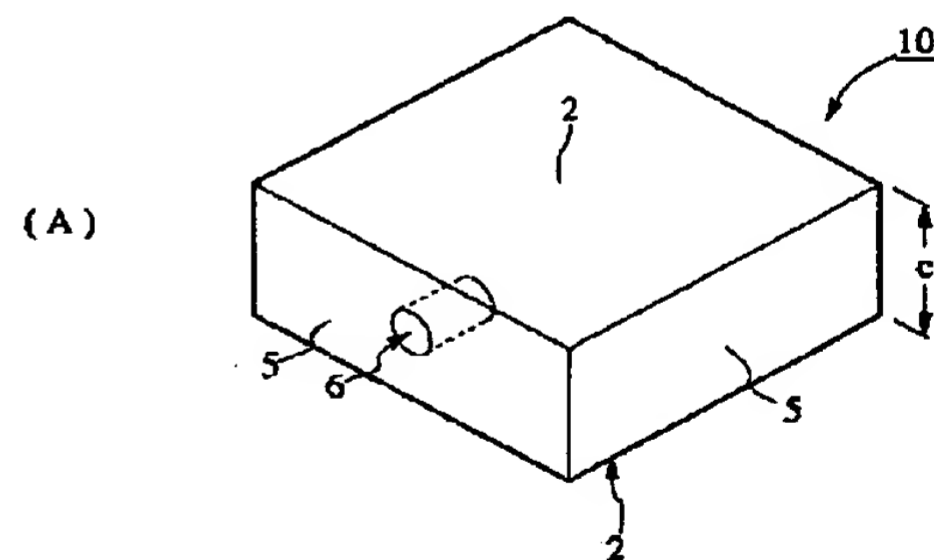
(54) 【発明の名称】 誘電体共振器および誘電体フィルタ

(57) 【要約】

【課題】 電磁界リークを低減させ、また  $Q$  の劣化の少ない誘電体共振器およびそれを用いた誘電体フィルタを提供する。

【解決手段】 誘電体板 1 の表面に電極を形成するとともに、電界成分の方向に平行な面に穴 6 を形成して、共振周波数を設定する。

【効果】 電界成分に平行な面に電極の開口部が形成されることになるため電磁界リークが小さくなり、また元々電流密度の小さな領域に電極の無い部分が設けられるだけであるため  $Q$  の劣化が少なくなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれ多角形または円形の互いに略平行な2つの平面部と、この2つの平面部に略垂直な面とを有する誘電体板または誘電体柱の表面に電極を形成し、前記平面部に垂直な方向に電界成分をもつ1つまたは2つ以上のモードで共振する誘電体共振器において、前記平面部の電極を、薄膜電極層と薄膜誘電体層とを交互に積層するとともに各薄膜電極層の周辺部を短絡させてなる薄膜多層電極とし、前記誘電体板または誘電体柱の前記平面部に略垂直な面に穴を形成して所定共振モードの共振周波数または所定の2つの共振モード間の結合度を定めたことを特徴とする誘電体共振器。

【請求項2】 それぞれ多角形または円形の互いに略平行な2つの平面部と、この2つの平面部に略垂直な面とを有する誘電体板または誘電体柱の表面に電極を形成し、前記平面部に垂直な方向に電界成分をもつ1つまたは2つ以上のモードで共振する誘電体共振器において、前記平面部の電極を、薄膜電極層と薄膜誘電体層とを交互に積層するとともに各薄膜電極層の周辺部を短絡させてなる薄膜多層電極とし、前記誘電体板または誘電体柱の前記平面部に略垂直な面に部分的な電極非形成部を設けて所定共振モードの共振周波数または所定の2つの共振モード間の結合度を定めたことを特徴とする誘電体共振器。

【請求項3】 請求項1または2に記載の誘電体共振器を、それぞれの平面部を対向させて複数個積層し、誘電体共振器間を結合させた誘電体フィルタであって、前記誘電体板または誘電体柱の前記誘電体共振器の平面部に略垂直な面に穴を形成してフィルタ特性を定めたことを特徴とする誘電体フィルタ。

【請求項4】 請求項1または2のいずれかに記載の誘電体共振器を、それぞれの平面部を対向させて複数個積層し、誘電体共振器間を結合させた誘電体フィルタであって、前記誘電体板または誘電体柱の前記誘電体共振器の平面部に略垂直な面に部分的な電極非形成部を設けてフィルタ特性を定めたことを特徴とする誘電体フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は主にマイクロ波帯やミリ波帯で用いられる誘電体共振器および誘電体フィルタに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、たとえば比較的高電力を扱うマイクロ波帯の誘電体共振器として、誘電体板または誘電体柱の表面に電極を形成したTMモードの誘電体共振器が用いられている。このTMモードの誘電体共振器は、小型で且つ高い無負荷Q ( $Q_0$ ) が得られるため、たとえば移動体通信用セルラーシステムの基地局等における通信機器のフィルタとして用いられる。

【0003】 このような誘電体板または誘電体柱の表面に電極を形成したTMモードの誘電体共振器を用いてフィルタ等を構成する場合、他の形式の誘電体共振器を用いる場合と同様に、単に誘電体板や誘電体柱の比誘電率および寸法を設計しても、材料定数のばらつきや成形精度の影響によって、設計通りの共振周波数は得難い。そのため、通常共振周波数の微調整が必要となる。また、誘電体板または誘電体柱の材料定数や寸法のばらつきが十分に抑えられるとしても、同一の金型を用いて共振周波数の異なった誘電体共振器を得ようとすれば、その特性に応じて表面の電極パターンを異ならせることになる。

【0004】 そこで、このようなTMモードの誘電体共振器の共振周波数を調整または設定する方法として、たとえば図20に示すように、電界成分に垂直な平面部の電極を部分的に削除する方法が考えられる。すなわち図20において(A)は電極部分削除前の状態を示す斜視図であり、誘電体板の外面(六面)に電極を形成することによって、図中に矢印で示すように、図における上下の平面部に垂直な方向に電界成分をもつTMモードの誘電体共振器として作用するが、(B)に示すように、平面部の電極の電界の集中している部分を削除して電極非形成部7を設ければ、電界に摂動を与えて共振周波数を変化させることができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、このようなTMモードの誘電体共振器において、電界成分に垂直な面に電極非形成部を設ければ、その部分に電界エネルギーが集中しているため電磁界のリークが生じやすく、また電極を流れる実電流の電流密度が高い部分を削除することになるため、その近辺での電流密度が上昇し、全体の導体損が増大し、 $Q_0$ が劣化することになる。

【0006】 また本願出願人は、誘電体部分と電極膜との境界部分での表皮効果による電流密度の増大を回避して $Q_0$ を高めるため、電界成分に垂直な面の電極を、薄膜電極層と薄膜誘電体層とを交互に積層してなる薄膜多層電極としたものを特願平08-331316号で出願しているが、このような薄膜多層電極を設けた誘電体共振器において、図20に示したように電極の部分削除を行えば、薄膜電極層同士が層間で短絡するおそれがあり、電流密度の低減による低損失動作に支障をきたすことになる。

【0007】 この発明の目的は、上述した電磁界リークの問題を解消し、また $Q_0$ の劣化の少ない誘電体共振器およびそれを用いた誘電体フィルタを提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 この発明は、それぞれ多角形または円形の互いに略平行な2つの平面部と、この2つの平面部に略垂直な面とを有する誘電体板または誘

電体柱の表面に電極を形成し、前記平面部に垂直な方向に電界成分をもつ1つまたは2つ以上のモードで共振する誘電体共振器において、電磁界リークを抑え、電流密度の増大を抑え、また薄膜多層電極を形成した場合の層間短絡の問題を回避しつつ共振周波数を設定するために、請求項1に記載のとおり、前記平面部の電極を、薄膜電極層と薄膜誘電体層とを交互に積層するとともに各薄膜電極層の周辺部を短絡させてなる薄膜多層電極とし、前記誘電体板または誘電体柱の前記平面部に略垂直な面に穴を形成する。この穴によって、誘電体板または10誘電体柱が部分的に比誘電率の低い物質（空気）に置き換えられることになるので、所定共振モードにおける共振器の実効的静電容量が減少し、共振周波数が上昇方向に変化する。これにより所定共振モードの共振周波数が定められる。または結合モードの共振周波数が上昇方向に変化し、所定の2つの共振モード間の結合度が定められる。

【0009】また、この発明の誘電体共振器は請求項2に記載のとおり、前記誘電体板または誘電体柱の前記平面部に略垂直な面に部分的な電極非形成部を設けて所定20共振モードの共振周波数または所定の2つの共振モード間の結合度を定める。このように電極非形成部を設けることによって電流経路の面積が小さくなり、共振器の実効的インダクタンスが増大し、共振周波数は低下方向に変化する。これにより所定共振モードの共振周波数が定められる。または結合モードの共振周波数が低下方向に変化し、所定の2つの共振モード間の結合度が定められる。

【0010】請求項1および2に記載の誘電体共振器によれば、電界成分に平行な面に電極の開口部が形成され30ることになるため電磁界リークが小さくなる。また元々電流密度の小さな領域に電極の無い部分が設けられることになるためQ<sub>o</sub>の劣化が少なくなる。また、平行な2つの平面部の電極が薄膜多層電極であるため、誘電体部分と電極膜との境界部分での表皮効果による電流密度の増大が回避されQ<sub>o</sub>が高まるが、上記穴または電極非形成部は平面部の薄膜多層電極に無関係であるため、上記穴または電極非形成部が薄膜多層電極を用いることによる上記Q<sub>o</sub>の向上作用に影響を与えない。

【0011】また、この発明は、請求項1または2に記40載の誘電体共振器を、それぞれの平面部を対向させて複数個積層し、誘電体共振器間を結合させた誘電体フィルタであって、電磁界リークを抑え、電流密度の増大を抑え、また薄膜多層電極を形成した場合の層間短絡の問題を回避しつつフィルタ特性を定めるために、請求項3に記載のとおり、前記誘電体板または誘電体柱の前記誘電体共振器の平面部に略垂直な面に穴を形成してフィルタ特性を定めるか、または請求項4に記載のとおり、前記誘電体板または誘電体柱の前記誘電体共振器の平面部に略垂直な面に部分的な電極非形成部を設けてフィルタ特50

性を設定する。このように誘電体共振器の電界成分に平行な面に穴を設けたり、電極非形成部を設けることによって、その誘電体共振器による電磁界リークの防止およびQ<sub>o</sub>の低下を防止することができ、電磁界リークが少なく、また挿入損失の低い誘電体フィルタが得られる。

【0012】

【発明の実施の形態】この発明の第1の実施形態に係る誘電体共振器の構成を図1～図5を参照して説明する。

【0013】図1の(A)は外観斜視図、(B)は電磁界分布を示す図、(C)は電極部分を通る電流分布を示す図である。(A)において2は六面体形状をなす誘電体板の図における上下面に形成した薄膜多層電極、5は残る四面に形成した単層電極である。

【0014】(B)において誘電体共振器内の実線の矢印は主要部分の電界方向および強度を表し、破線の矢印は磁界分布を表す。このように誘電体共振器10の厚み方向に電界が分布し、それに垂直な面方向に磁界が分布することになり、磁界の平面方向にx軸とy軸をとり、これにそれぞれ垂直な方向にz軸をとると、この誘電体共振器はTM110モードと表すことができる。このように電磁界分布が生じるため、同図の(C)に示すように、上面の薄膜多層電極2には中央から四方へ広がる方向または四方から中央へ集まる方向に電流が流れ、単層電極5には図における上下方向に電流が流れることになる。

【0015】図2は図1に示した誘電体共振器の断面図およびその部分拡大図である。同図において3a, 3b, 3c, 3dはそれぞれ薄膜電極層、4a, 4b, 4cはそれぞれ薄膜誘電体層であり、両者の交互の積層によって薄膜多層電極2を構成している。この薄膜多層電極はたとえばCuをスパッタリングして薄膜電極層を形成し、誘電体板1より低誘電率の材料をスパッタリングして薄膜誘電体層を形成する、という処理を所定回数繰り返すことによって形成する。また側面の単層電極はCuのメッキにより形成する。この側面の電極は薄膜多層電極の形成後に設けることによって、薄膜多層電極の周辺部を短絡する。

【0016】図3は図2に示した各薄膜電極層に流れる電流の様子を示す図である。同図の(B)に示すように各薄膜誘電体層4a, 4b, 4cはそれらの上下に存在する薄膜電極層とともにそれぞれ極めて薄い誘電体共振器を構成し、それぞれの共振周波数を誘電体板1による誘電体共振器の共振周波数にほぼ等しくすることによって、上下面の薄膜電極層に流れる電流の向き（位相）が揃うことになる。これにより(A)に示すように、誘電体共振器の電流i<sub>a</sub>は薄膜電極層3aを流れ、薄膜誘電体層4aによる共振器の電流i<sub>b</sub>は薄膜電極層3aおよび3bを流れる。同様に薄膜誘電体層4bによる誘電体共振器の電流i<sub>c</sub>は薄膜電極層3bおよび3cを流れ、誘電体層4cによる誘電体共振器の電流i<sub>d</sub>は薄膜電極

層3cおよび3dを流れる。したがって薄膜電極層3aに流れる合成電流は $i_a - i_b$ 、薄膜電極層3bに流れる合成電流は $i_b - i_c$ 、薄膜電極層3cに流れる合成電流は $i_c - i_d$ となる。図中の白抜きの矢印はこれらの合成電流の向きおよび大きさを模式的に表している。このようにして、誘電体板1の表面部分における電流集中が緩和され、表層にまで電流が分散されることになる。

【0017】上記誘電体板としては、たとえばその比誘電率が約40の誘電体セラミクスを用い、各薄膜電極層10としては、比誘電率が40より低い誘電体を用いることにより、各薄膜電極層による誘電体共振器の共振周波数を誘電体板1による誘電体共振器の共振周波数にほぼ等しくすることができる。また、各薄膜電極層が誘電体板または誘電体柱による誘電体共振器の電磁界を完全に遮蔽することなく、各薄膜電極層と薄膜誘電体層による誘電体共振器が誘電体板または誘電体柱による誘電体共振器に結合するように、各薄膜電極層の厚みは共振周波数における表皮深さと同程度かそれより薄い膜厚とする。

【0018】さてこのような構造の誘電体共振器の共\*

h [mm]	$f_o$ [MHz]	$df_o$ [MHz]	$df_o/dh$ [MHz/mm]
0.0	2489.3		
0.5	2489.4	0.1	0.2
1.0	2490.1	0.7	1.4
1.5	2491.8	1.7	3.4
2.0	2495.0	3.2	6.4
2.5	2500.0	5.0	10.0
3.0	2507.1	7.1	14.2
3.5	2516.4	9.3	18.6
4.0	2527.9	11.5	23.0
4.5	2541.9	14.0	28.0
5.0	2558.2	16.3	32.6
5.5	2576.9	18.7	37.4
6.0	2597.6	20.7	41.4
6.5	2620.3	22.7	45.4
7.0	2644.7	24.4	48.8
7.5	2670.3	25.6	51.2
8.0	2696.5	26.2	52.4
8.5	2722.7	26.2	52.4
9.0	2747.9	25.2	50.4
9.5	2771.4	23.5	47.0
10.0	2792.4	21.0	42.0
10.5	2810.0	17.6	35.2
11.0	2824.2	14.2	28.4
11.5	2834.8	10.6	21.2
12.0	2841.9	7.1	14.2
12.5	2846.4	4.5	9.0
13.0	2848.6	2.2	4.4
13.5	2849.4	0.8	50 1.6

\*周波数を調整する場合、図4に示すように誘電体板の上下の平面部に垂直な面に穴6を形成する。同図の(A)は斜視図、(B)は水平断面図である。この例では、誘電体板1の各面に電極を形成した後にダイヤモンドバー(回転砥石)で穴6を形成するようにしたため、穴6の内面には電極が存在しない。穴6の内部は空気であり、誘電体板1より低誘電率であるため、共振器の実効的静電容量は穴6を設ける前に比べて減少する。ここで共振器の実効的静電容量を $C_o$ 、実効的インダクタンスを $L_o$ とすれば、共振周波数 $f_o = 1 / \{ (2\pi\sqrt{L_o C_o}) \}$ として表されるため、穴6を形成することにより、穴6を形成する前より共振周波数が上昇する。

【0019】図5は図4に示した誘電体共振器において、誘電体板1の比誘電率 $\epsilon_r$ を37とし、 $a = b = 1.4$  [mm]、 $c = 4$  [mm]、 $d = 2$  [mm]として、 $h$ を変化させた時の共振周波数および $h$ の変化量に対する共振周波数の変化量をFEMシミュレーションにより求めた結果である。ここで、共振周波数を $f_o$ 、その変化量を $df_o$ 、 $h$ の変化量に対する $f_o$ の変化量を $df_o/dh$ として、これらの数値結果を示す。

【0020】

このように、 $h = 0$  すなわち穴6を形成すべき箇所の電極のみを削除した時点での共振周波数が2489.3 [MHz] であり、 $h = 13.5$  [mm] とした時の共振周波数は2849.4 [MHz] となった。また、 $h = 8.0 \sim 8.5$  [mm] の時  $h$  の変化量に対する共振周波数の変化量が最大となり、52.4 [MHz/mm] となった。このように誘電体板のほぼ中央付近で穴6の深さを調節することによって共振周波数を大きく変化させることができ、逆に誘電体板の中央部分を避けて穴6の深さを調整することによって共振周波数を微調整することも10

【0021】次に、この発明の第2の実施形態に係る誘電体共振器の構成を図6および図7を参照して説明する。

\* 20

$u_1$ [mm]	$f_o$ [MHz]	$df_o$ [MHz]	$df_o/du_1$ [MHz/mm]
0.0	2489.3		
0.5	2488.8		
1.0	2486.6	-2.2	-4.4
1.5	2480.2	-6.4	-12.8
2.0	2473.3	-6.9	-13.8
2.5	2460.7	-12.6	-25.2
3.0	2446.6	-14.1	-28.2

このように  $u_1 = 0$  すなわち電極非形成部7を形成する前の共振周波数は2489.3 [MHz] であり、 $u_1 = 30.3.0$  [mm] とした時の共振周波数は2446.6

[MHz] となった。また、 $u_1$  を大きくする程、 $u_1$  の変化量に対する共振周波数の変化量が大きくなる。このように電極非形成部7の幅によって共振周波数を低下方向に調整することができ、また、電極非形成部7の幅を大きくする程、共振周波数を大きく変化させることができ、逆に電極非形成部7の幅を微小範囲で広げることによって共振周波数を微調整することができる。

【0025】なお、図6に示した電極非形成部7も第1の実施形態の場合と同様に予め形成した電極をダイヤモンド40 ンドバー等を用いて削除することによって設けることができるが、現実には電極のみを削除することは極めて困難であり、実際には電極とともに誘電体板の一部を切削することになる。したがって共振周波数を低下させるためには切削深さをなるべく浅くするとともに電極非形成部の範囲を広げるようにし、共振周波数を上昇させるためには、誘電体板の切削量(穴の深さ)を大きくすればよい。

【0026】次に、第3の実施形態に係る誘電体共振器の構成を図8～図10を参照して説明する。

\* 【0022】第1の実施形態では、誘電体板に穴を形成して共振周波数を設定する例を示したが、この第2の実施形態では、図6に示すように、誘電体板の図における側面に電極非形成部7を設けて共振周波数を設定する。図6の(B)はこの電極非形成部7を設けた側面の電極に流れる電流分布を模式的に示している。このように電流の流れる面積が狭くなり、共振器の実効的インダクタンスが増加するため、共振周波数は電極非形成部7を設けない場合に比べて低下する。

【0023】図7は図6に示した各部の寸法において、誘電体板1の比誘電率  $\epsilon_r$  を37とし、 $a = b = 14$  [mm]、 $c = 4$  [mm]、電極非形成部7の高さ方向の幅  $u_2$  を4 [mm] として、電極非形成部7の横方向の幅  $u_1$  を変化させた時の共振周波数をFEMシミュレーションにより求めた結果である。ここで、共振周波数を  $f_o$ 、その変化量を  $df_o$ 、 $u_1$  の変化量に対する  $f_o$  の変化量を  $df_o/du_1$  として、これらの数値結果を示す。

【0024】

【0027】図8は誘電体共振器の斜視図および水平断面図である。(A)において2は六面体形状をなす誘電体板の図における上下面に形成した薄膜多層電極、5は残る四面に形成した単層電極である。この誘電体共振器は後述するようにTM210モードとTM120モードを用いるTM2重モード誘電体共振器であり、後述するように(TM210+TM120)モードと、(TM210-TM120)モードの2つのモードを用い、TM210モードとTM120モードとを結合させるために、誘電体板の1つの角部分を取り除いた形状とし、その角部分に穴6を設ける。

【0028】図9は上記2つのモードおよびその2つのモード間の結合モードの電磁界分布の様子を示す図である。(A)、(B)はTM120モードとTM210モードに関する図であり、破線の矢印は磁界分布を示す。この2つのモードは縮退モード関係にある。同図の

(C)、(D)はそれぞれ結合モードとして用いる(TM210+TM120)モードと(TM210-TM120)モードに関する図であり、破線の矢印は磁界分布を示す。同図に示すように誘電体板の角部を取り除いた形状とすることによって、この例では(TM210-TM120)モードの共振周波数が高くなり、(TM21

0+TM120)モードの共振周波数はあまり変化しないため、TM120モードとTM210モードの縮退が解かれて、TM120モードとTM210モードの両モード間で結合が生じる。

【0029】図10は図8の(B)において、誘電体板1の比誘電率 $\epsilon_r$ を37とし、 $a=b=22$ 、 $c=4$  [mm]、穴6の内径 $d$ を2 [mm]として、穴6の深さ $h$ を

$h$ [mm]	$f_1$ [MHz]	$f_2$ [MHz]	$df_1$ [MHz]	$df_1/dh$ [MHz/mm]
0.0	2520.9	2504.8		
0.5	2520.9	2504.8	0.0	0.0
1.0	2521.2	2504.8	0.3	0.6
1.5	2521.9	2504.8	1.0	1.4
2.0	2523.2	2504.8	2.3	2.6
2.5	2525.2	2504.8	4.3	4.0
3.0	2528.2	2504.8	7.3	6.0
3.5	2532.0	2504.8	11.1	7.6
4.0	2536.9	2504.8	16.0	9.8
4.5	2542.9	2504.8	22.0	12.0
5.0	2549.7	2504.9	28.8	13.6
5.5	2557.5	2505.0	36.6	15.6
6.0	2566.0	2505.0	45.1	17.0
6.5	2575.1	2505.0	54.2	18.2
7.0	2584.5	2505.1	63.6	18.8

このように、角部の穴6の深さを深くすることによって一方の共振モードの共振周波数を上昇方向に調整することができる。また、穴6の深さ $h$ を誘電体板の中央に達するまで深くするほど $h$ の変化量に対する共振周波数の変化量は大きくなる。なお、 $h=0$ すなわち穴6を形成すべき箇所の電極を削除した段階での共振周波数 $f_1$ と $f_2$ との差は、誘電体板の1つの角部を取り除いた形状30としたことによる。

【0031】ここでTM120モードとTM210モードの結合度 $k$ は、

$$k = 2(f_1 - f_2) / (f_1 + f_2)$$

または、

$$k = (f_1 - f_2) / \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

で表されるので、 $f_1$ と $f_2$ に差をもたせることによって、TM120モードとTM210モードとを結合させることができ、穴6を深くして $f_1$ と $f_2$ の差を大きくする程結合度を増すことができる。

※40

$h$ [mm]	$f_1$ [MHz]	$f_2$ [MHz]	$df_1$ [MHz]	$df_1/du_1$ [MHz/mm]
0.0	2520.9	2504.8		
1.0	2519.9	2504.8		
2.0	2514.8	2504.8		
2.5	2510.0	2504.8	-4.8	-9.6
3.0	2504.6	2504.8	-5.4	-10.8
3.5	2498.1	2504.8	-6.5	-13.0
4.0	2490.8	2504.8	-7.3	-14.6

このように、角部の電極非形成部7の幅によって一方の結合モードの共振周波数を低下方向に調整することがで

\*さ $h$ を変化させた時の共振周波数をFEMシミュレーションにより求めた結果である。ここで、(TM210-TM120)モードの共振周波数を $f_1$ 、(TM210+TM120)モードの共振周波数を $f_2$ 、 $f_1$ の変化量を $df_1$ 、 $h$ の変化量に対する $f_1$ の変化量を $df_1/dh$ として、これらの数値結果を示す。

【0030】

※【0032】図11および図12は第4の実施形態に係る誘電体共振器の構成を示す図であり、第3の実施形態と異なる点は、穴によって共振周波数を調整するのではなく、図11に示すように、誘電体板の角部に電極非形成部7を設けることによって結合モードの内の一方の共振モードの共振周波数を調整する。図12は図11において、誘電体板1の比誘電率 $\epsilon_r$ を37とし、 $a=b=22$  [mm]、 $c=4$  [mm]、電極非形成部7の高さ方向の幅 $u_2$ を4 [mm]として、電極非形成部7の横方向の幅 $u_1$ を変化させた時の共振周波数をFEMシミュレーションにより求めた結果である。ここで、(TM210-TM120)モードの共振周波数を $f_1$ 、(TM210+TM120)モードの共振周波数を $f_2$ 、 $f_1$ の変化量を $df_1$ 、 $u_1$ の変化量に対する $f_1$ の変化量を $df_1/du_1$ として、これらの数値結果を示す。

【0033】

きる。これにより $f_1$ と $f_2$ に差をもたせることによって、TM120モードとTM210モードとを結合させ

ることができ、電極非形成部7の幅を広くして $f_1$ と $f_2$ の差を大きくする程結合度を増すことができる。

【0034】次に第5の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を図13～図15を参照して説明する。

【0035】図13は4つの誘電体共振器を組み合わせて構成した誘電体フィルタの斜視図および部分断面図である。(A)において11, 12, 13, 14はそれぞれ図1に示したものと基本的に同様の誘電体共振器であり、誘電体共振器11と12との対向面にW1で示す電極非形成部からなる窓を形成している。誘電体共振器11と13との対向面にはW2で示す電極非形成部からなる窓を形成している。さらに誘電体共振器13と14との対向面にはW3で示す電極非形成部からなる窓を形成している。また、誘電体共振器11, 14の端面には同軸コネクタ15, 16をそれぞれ取り付けている。これらの誘電体共振器のうち12, 13の図における上面および誘電体共振器11, 14の図における下面にはそれぞれ薄膜多層電極を形成し、他の面には通常の単層電極をそれぞれ形成している。この誘電体フィルタの特性を調整する場合、誘電体共振器11, 12, 13, 14の20側面に61, 62, 63, 64で示すいずれか1つまたはいくつかの穴を形成し、その穴の深さによって調整する。

【0036】図13の(B)は誘電体共振器11に対する同軸コネクタ15の取り付け部分の断面図であり、同軸コネクタ15の中心導体で結合ループ17を形成し、これを誘電体共振器11の誘電体板に設けた穴部分に挿入している。同軸コネクタ16についても同様に、その中心導体で結合ループを形成し、これを誘電体共振器14の誘電体板に設けた穴部分に挿入している。 30

【0037】図14は図13における誘電体共振器11と12間の結合構造を示す断面図である。同図において(A)はイーブンモードの電界分布、(B)はオッドモードの電界分布をそれぞれ示している。このように窓W1部分の電極が無いと、オッドモードに対して容量成分が減少するので、オッドモードの共振周波数 $odd$ がイーブンモードの共振周波数 $even$ より高くなって、誘電体共振器11-12間が電界結合する。

【0038】図15は図13に示した誘電体共振器12と13間の結合状態を示す図である。(A)はオッドモードの磁界分布、(B)はイーブンモードの磁界分布をそれぞれ示している。このように窓W2部分の電極が無いと、インダクタンス成分が増大し、イーブンモードにおける共振周波数が低下し、 $f_{odd} > f_{even}$ の関係となって、誘電体共振器12と13間が磁界結合する。図13に示した誘電体共振器13と14間は11と12間と同様に窓W3の存在によって電界結合する。結局図13に示した誘電体フィルタは、同軸コネクタ15→誘電体共振器11→12→13→14→同軸コネクタ16の経路で結合し、4段の共振器からなる帯域通過フィルタ特50

性を有するフィルタとして作用する。このフィルタ特性は、各誘電体共振器11～14の共振周波数と共振器間の結合度によって定まるが、この構成例では結合度を一定として、図13に示した穴61～64の深さによって、各共振器の共振周波数を設定することによってフィルタ特性を定める。

【0039】図16は第6の実施形態に係る誘電体フィルタの斜視図である。図13に示した誘電体フィルタと異なる点は、穴の形成によって各共振器の共振周波数を設定するのに代えて、電極非形成部を設けて共振周波数を調整するようにした点である。すなわち図16において電極非形成部71, 72, 73, 74の大きさによって誘電体共振器11, 12, 13, 14の各共振周波数を調整し、これによってフィルタ特性を定める。

【0040】次に、第7の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を図17および図18を参照して説明する。

【0041】図17において11, 12はそれぞれTM2重モードの誘電体共振器であり、誘電体板の図における上下面に薄膜多層電極を形成し、周面に単層電極を形成するとともに、2つの誘電体共振器の接合面に電極非形成部からなる窓Wを形成している。また、それぞれ内部に結合ループを有する同軸コネクタ15, 16を、同一面に並べて形成している。この誘電体フィルタの特性を調整する場合、誘電体共振器11, 12の角部分の61, 62で示すいずれか一方または両方の穴を形成し、その深さによって調整する。

【0042】図18は図17に示した誘電体共振器11および12の共振モードと結合状態を示す図であり、破線の矢印はそれぞれ磁界分布を示す。上記2つの誘電体共振器11, 12は、図18の(A), (B)で示すように、縮退モード関係にあるTM120モードとTM210モードでそれぞれ共振し、図17に示した同軸コネクタ15, 16の結合ループは誘電体共振器11, 12のTM120モードにそれぞれ磁界結合する。図18の(C)は誘電体共振器11, 12間の結合状態を示す図であり、窓W部分に電極が無いと、TM210モード同士が磁界結合することになる。また誘電体板の角部を取り除いた形状とすることによって、TM210モードとTM120モードの結合モードである(TM210+TM120)モードと(TM210-TM120)モードの共振周波数に差が生じ縮退が解かれて、TM210モードとTM120モードの2つのモード間で結合が生じる。したがって図17に示した誘電体フィルタは、同軸コネクタ15→誘電体共振器11のTM120モード→誘電体共振器11のTM210モード→誘電体共振器12のTM210モード→誘電体共振器12のTM120モード→同軸コネクタ16の順に結合して、4段の共振器からなる帯域通過フィルタとして作用する。この場合、1段目と2段目の結合度は穴61の深さによって、また3段目と4段目の結合度は穴62の深さによって、

それぞれ調整する。

【0043】図19は第8の実施形態に係る誘電体共振器の2つの構成例を示す断面図である。上述した誘電体共振器およびそれによる誘電体フィルタでは、底面が正方形の角柱状の誘電体板を用いたが、誘電体板の中央部を誘電体柱として、その周囲をキャビティとして構成してもよい。すなわち図19の(A)は、角筒状のキャビティ22とその中央部に設ける角柱状の誘電体柱21とを一体成形し、キャビティ22の開口部に誘電体板23, 24を設けるとともに、外面に電極を形成すること10によって構成したTM110モードの誘電体共振器であり、この構造においても、誘電体板23または24に穴を設けるか、電極非形成部を設けることによって共振周波数を調整することができる。また図19の(B)は、有底円筒状のキャビティ22と円柱形状の誘電体柱21とを一体成形し、キャビティ22の開口面に円板形状の誘電体板23を覆うとともに、周面に電極を形成することによって構成したTM010モードの誘電体共振器であり、この構造においても、キャビティ22の側面に穴または電極非形成部を設けることによって共振周波数を20調整することができる。

#### 【0044】

【発明の効果】請求項1, 2に係る発明によれば、電界成分に平行な面に電極の開口部が形成されることになるため電磁界リークが小さくなる。また、電界成分に垂直な平面部は、その全面に薄膜多層電極を形成することができるため、誘電体部分と電極膜との境界部分での表皮効果による電流密度の増大が回避され $Q_0$ が高まる。しかも、穴や電極非形成部は元々電流密度の小さな領域に設けられるだけであるため、穴や電極非形成部を設ける30ことによる $Q_0$ の劣化は少ない。

【0045】請求項3, 4に係る発明によれば、誘電体共振器の電界成分に平行な面に穴を設けたり、電極非形成部を設けることによって、その誘電体共振器による電磁界リークの防止および $Q_0$ の低下を防止することができ、電磁界リークが少なく、また挿入損失の低い誘電体フィルタが得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る誘電体共振器の外観斜視図、電磁界分布、および電流分布を示す斜視図である。40

【図2】同誘電体共振器の断面図および部分拡大断面図である。

【図3】同誘電体共振器における薄膜多層電極部分の電流分布を示す図である。

【図4】周波数調整用の穴の形成例を示す斜視図および水平断面図である。

\* 【図5】穴の深さを变化させた場合の共振周波数の变化を示す図である。

【図6】第2の実施形態に係る誘電体共振器の斜視図および電流分布の例を示す図である。

【図7】同誘電体共振器における電極非形成部の幅を变化させた時の共振周波数の变化を示す図である。

【図8】第3の実施形態に係る誘電体共振器の斜視図および水平断面図である。

【図9】同誘電体共振器の各モードにおける電磁界分布の例を示す図である。

【図10】同誘電体共振器における穴の深さを变化させた時の共振周波数の变化を示す図である。

【図11】第4の実施形態に係る誘電体共振器の斜視図および水平断面図である。

【図12】同誘電体共振器の電極非形成部の幅を变化させた時の共振周波数の变化を示す図である。

【図13】第5の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す斜視図および部分断面図である。

【図14】同誘電体フィルタにおける上下方向の誘電体共振器間の結合状態を示す図である。

【図15】誘電体フィルタにおける横方向の誘電体共振器間の結合状態を示す図である。

【図16】第6の実施形態に係る誘電体フィルタの斜視図である。

【図17】第7の実施形態に係る誘電体フィルタの斜視図である。

【図18】同誘電体フィルタにおける各モードの電磁界分布の例を示す図である。

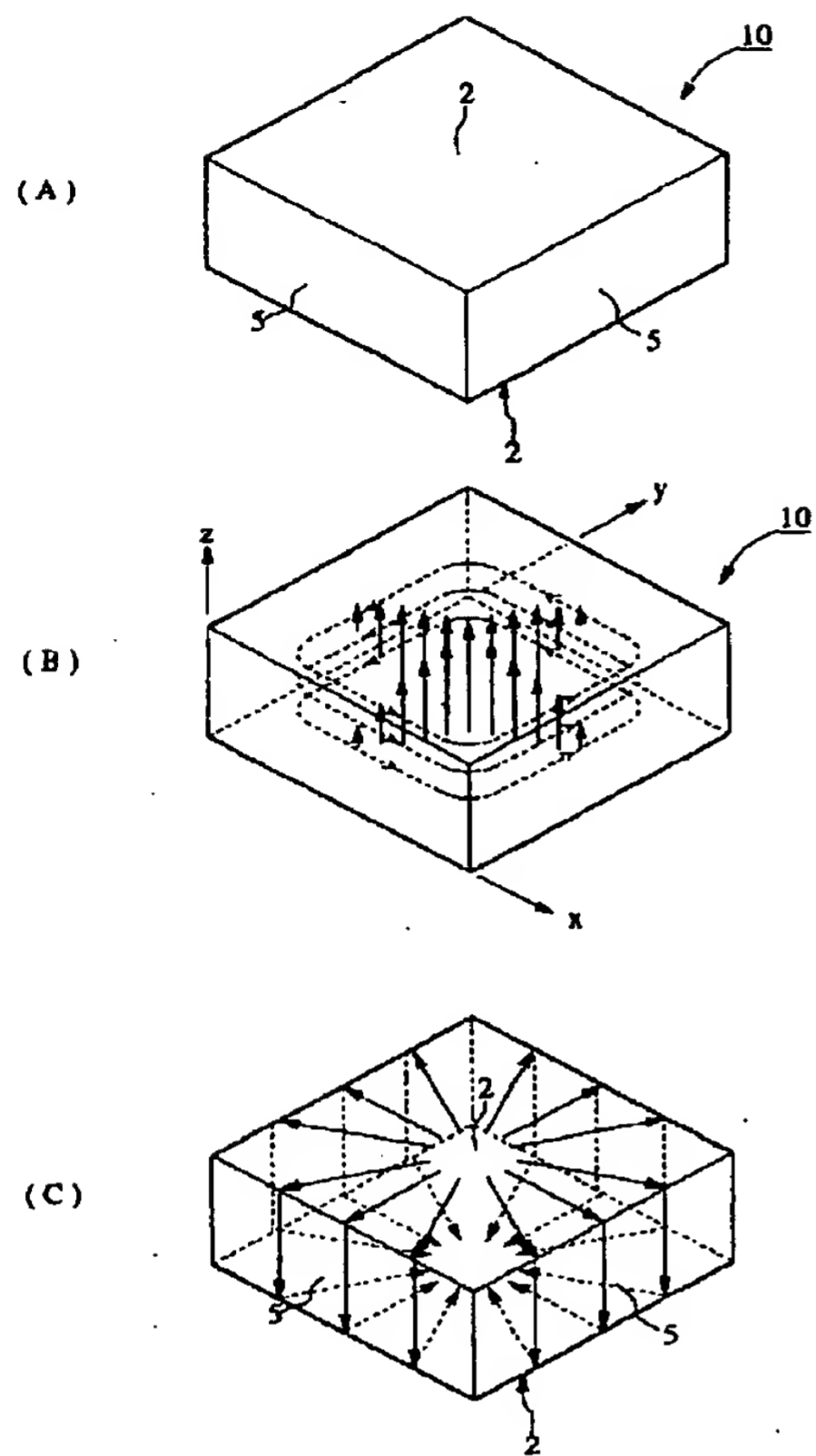
【図19】第8の実施形態に係る誘電体共振器の構造を示す断面図である。

【図20】従来技術による誘電体共振器の共振周波数調整例を示す斜視図である。

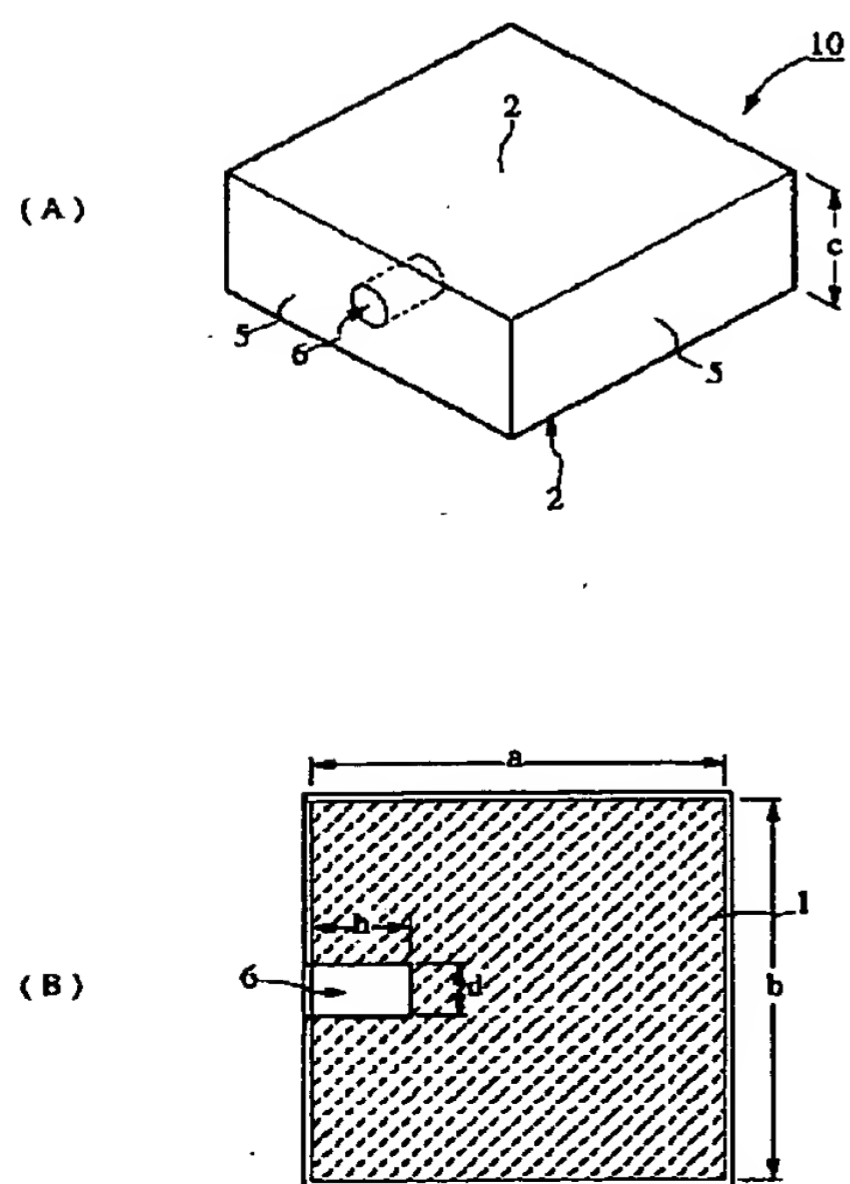
#### 【符号の説明】

- 1 誘電体板
- 2 薄膜多層電極
- 3 薄膜電極層
- 4 薄膜誘電体層
- 5 単層電極
- 6, 61~64 穴
- 7, 71~74 電極非形成部
- 10, 11~14 誘電体共振器
- 15, 16 同軸コネクタ
- 17 結合ループ
- 21 誘電体柱
- 22 キャビティ
- 23, 24 誘電体板

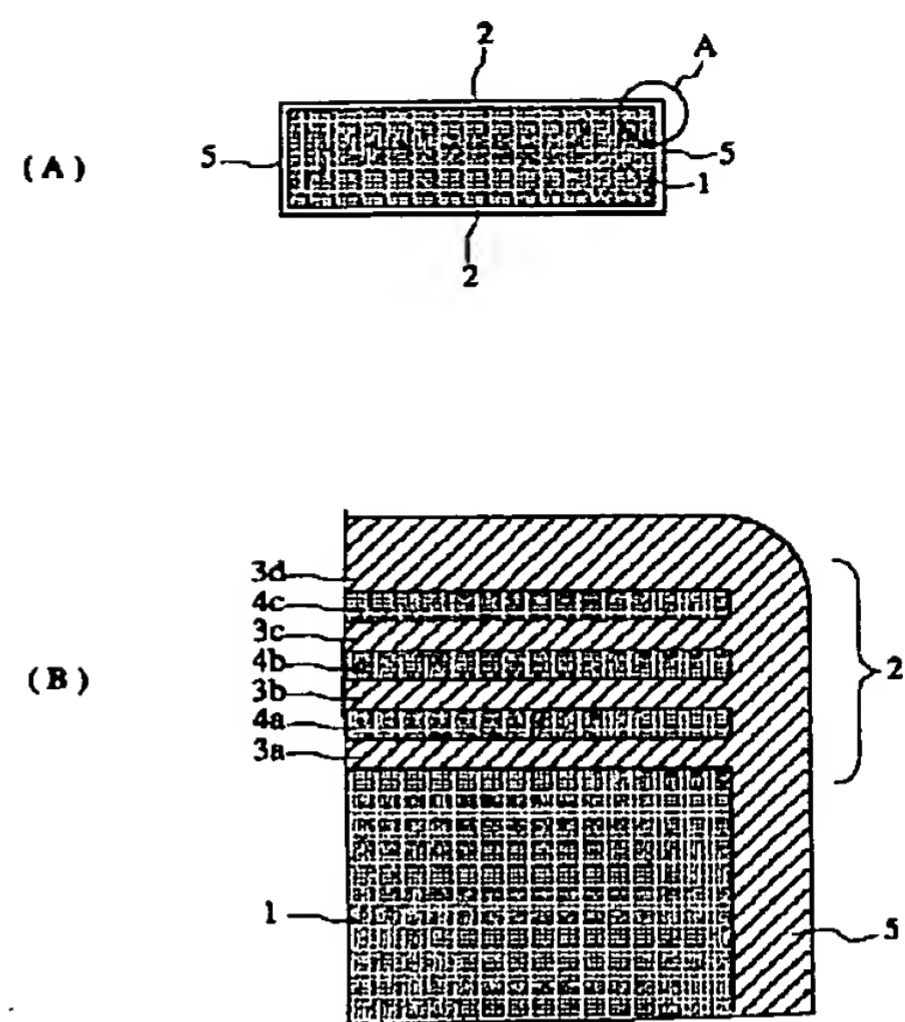
【図 1】



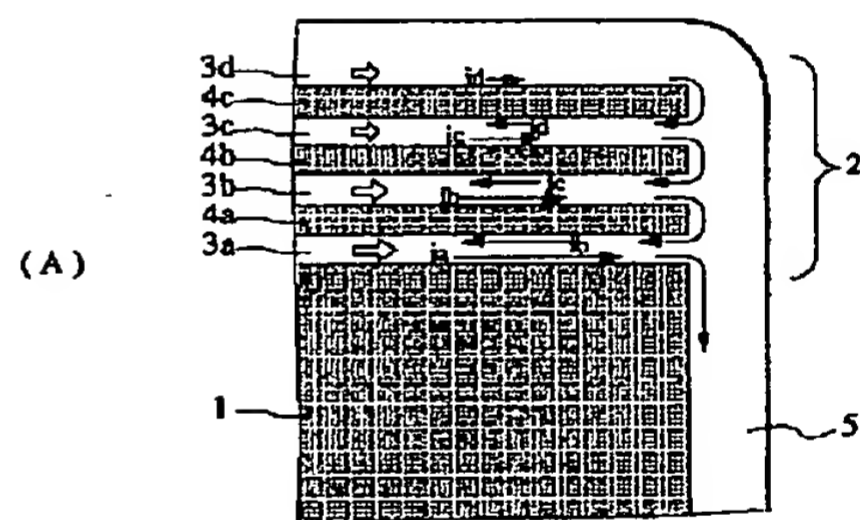
【図 4】



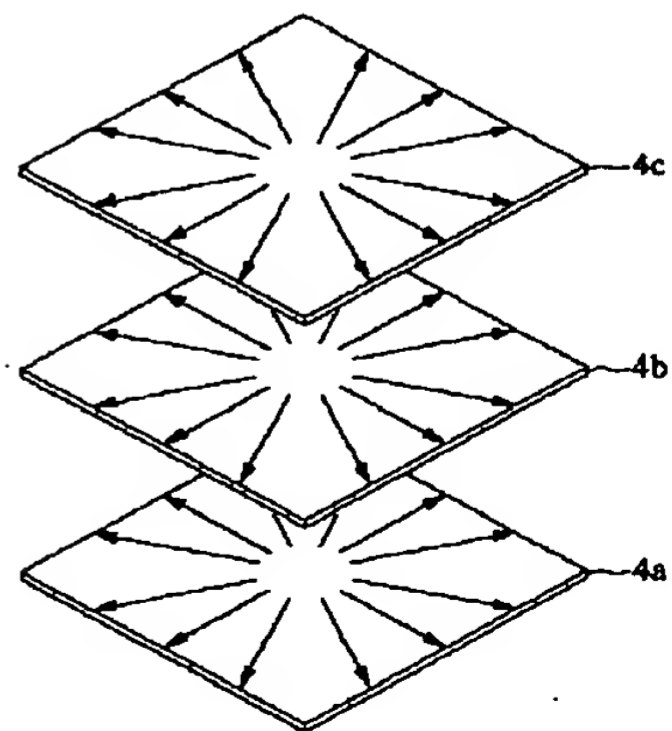
【図 2】



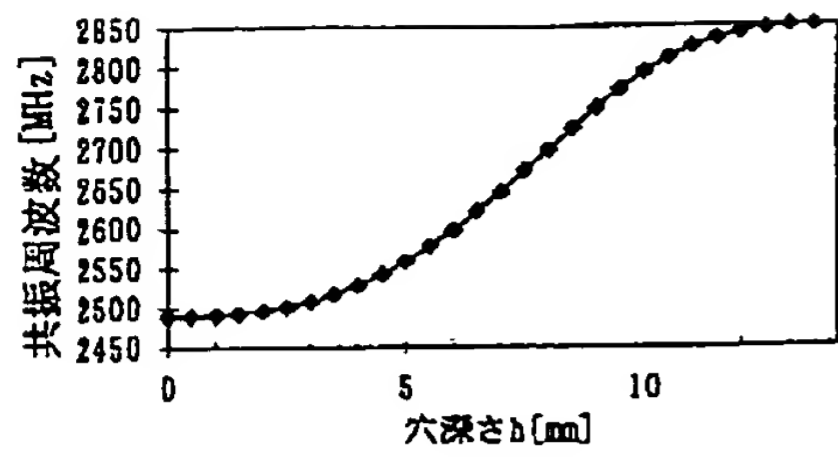
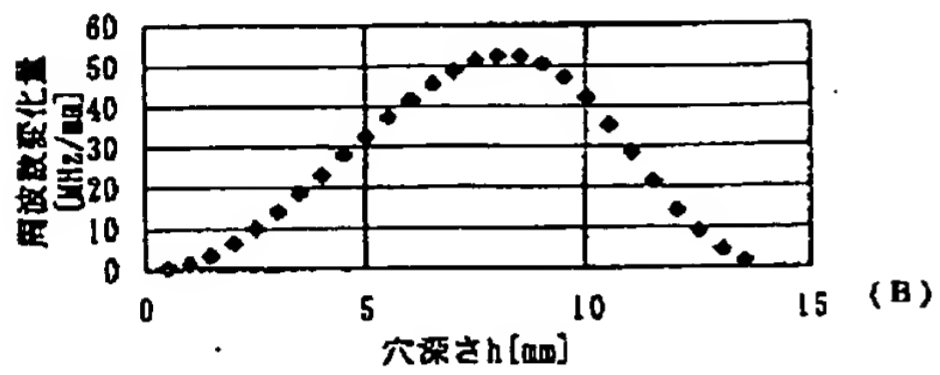
【図 3】



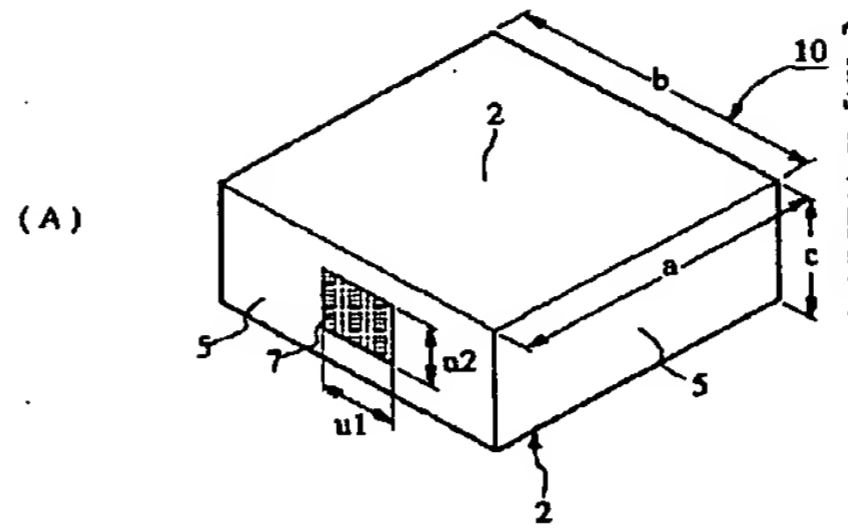
(B)



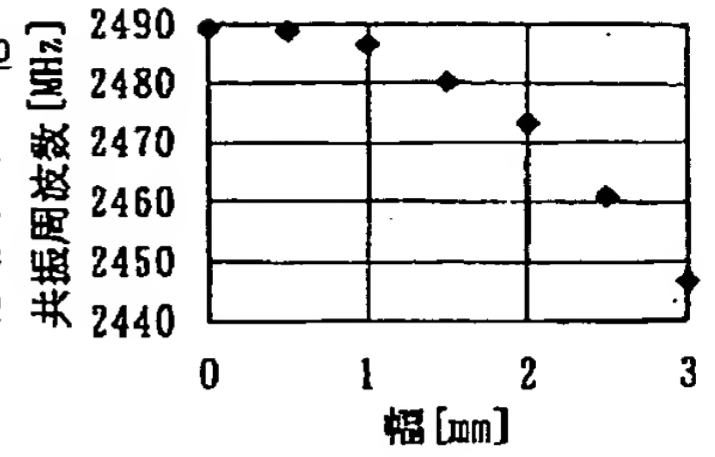
【図 5】

 $df_0/h$  [MHz/mm]

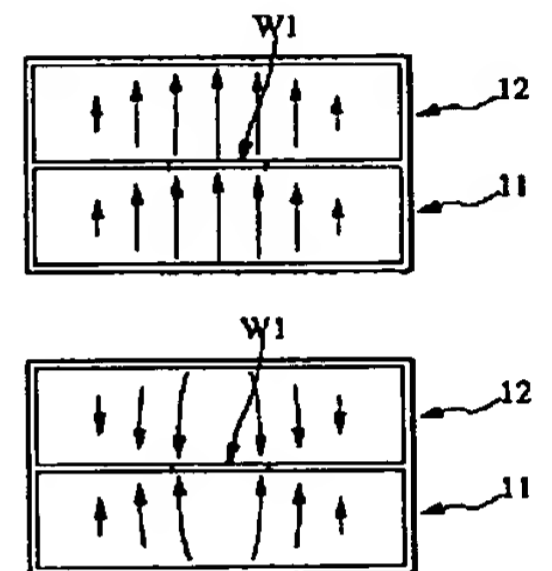
【図 6】



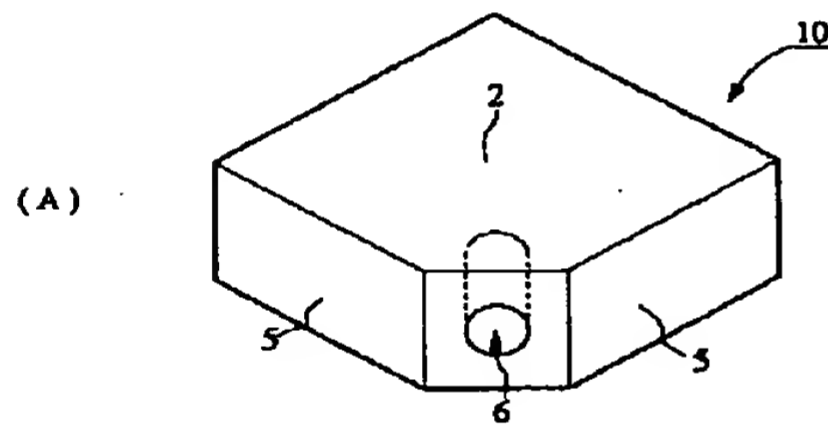
【図 7】



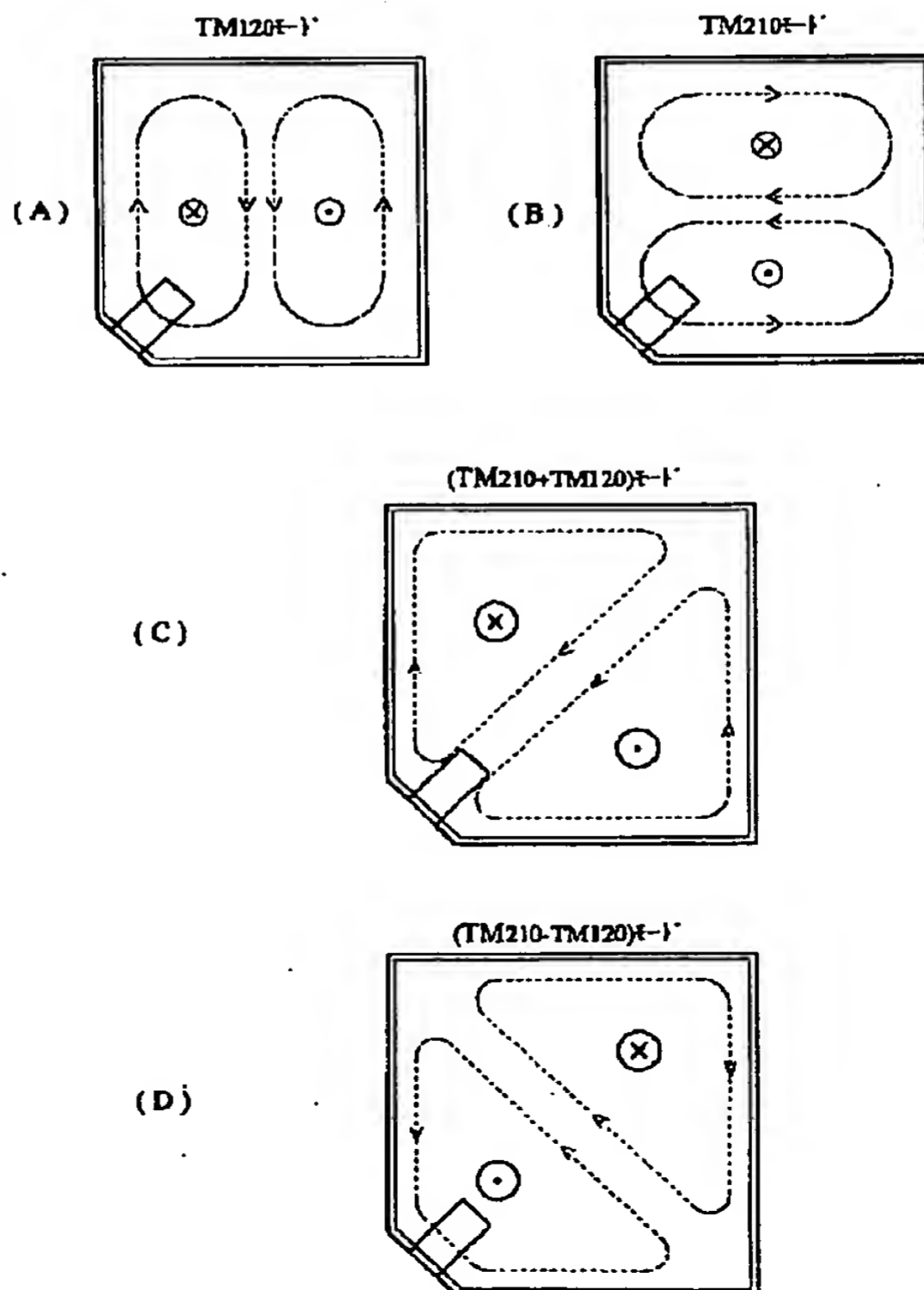
【図 14】



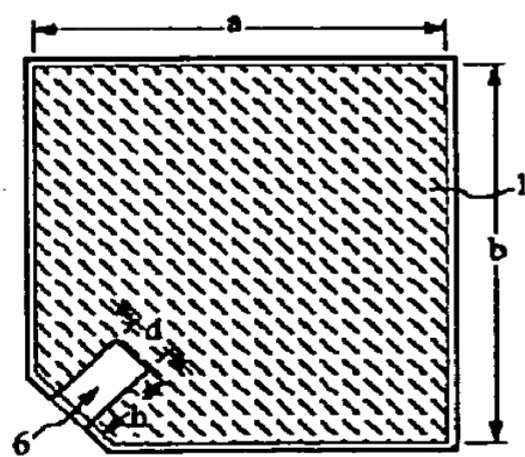
【図 8】



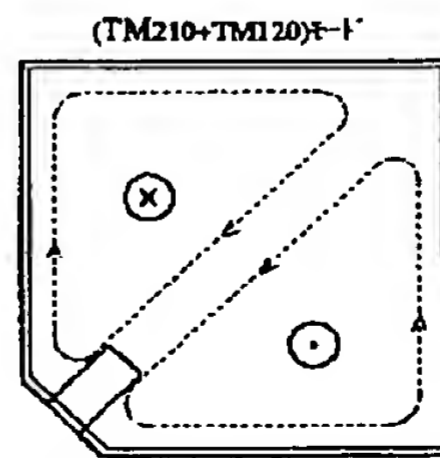
【図 9】



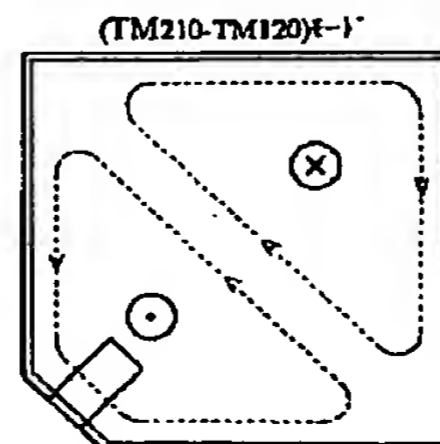
(B)



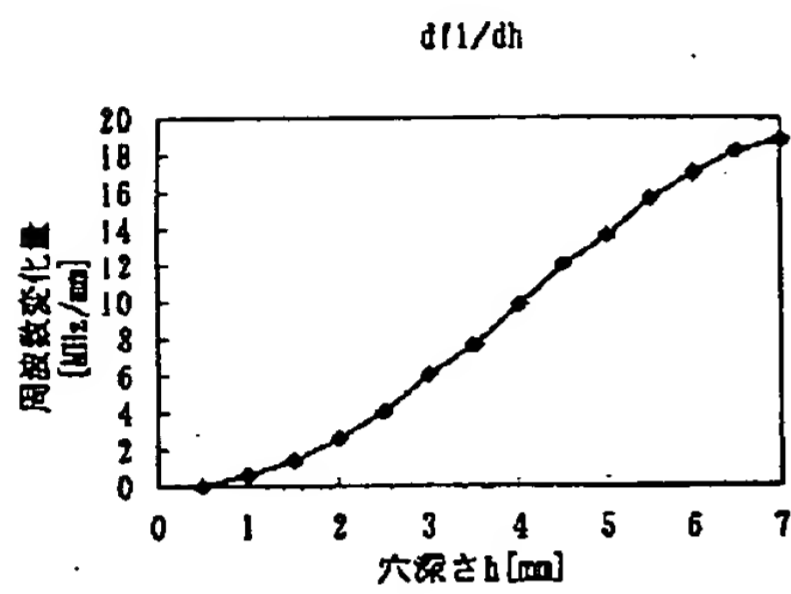
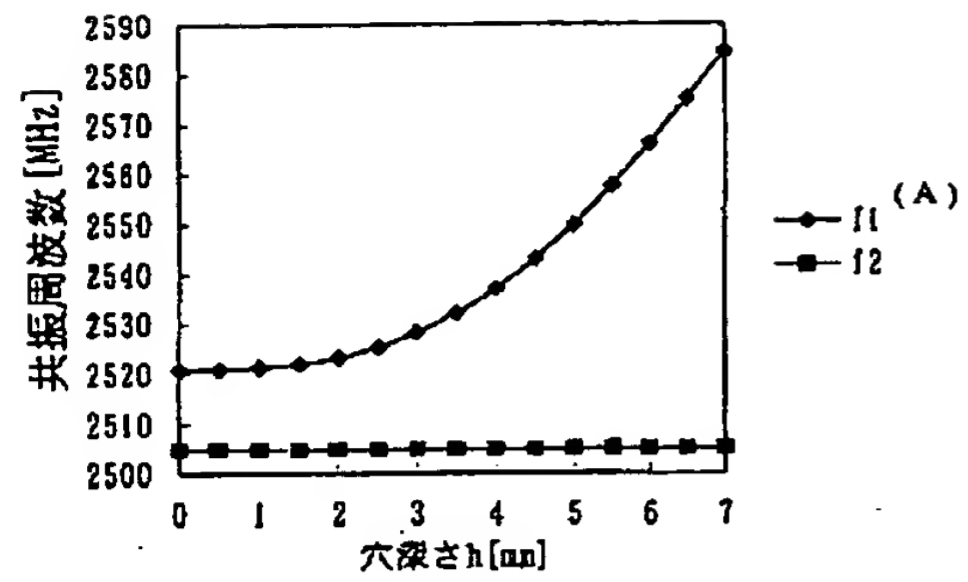
(C)



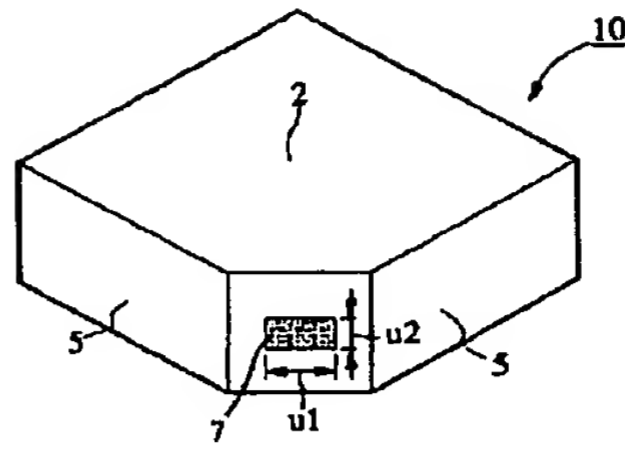
(D)



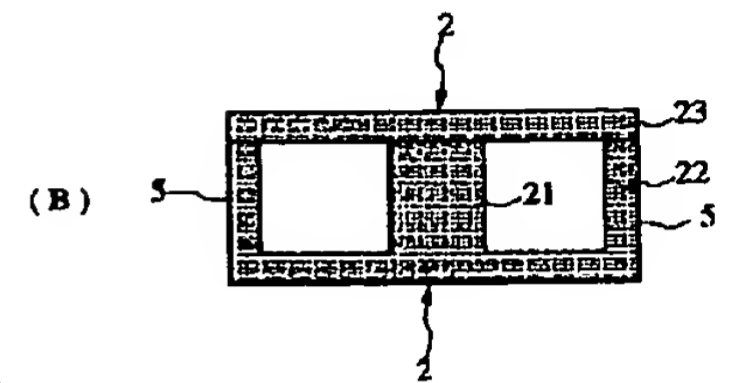
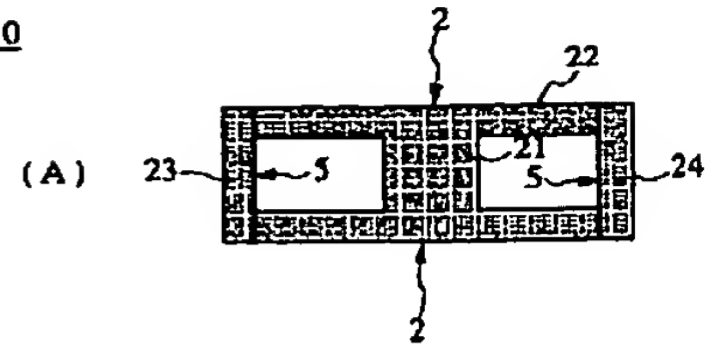
【図 10】



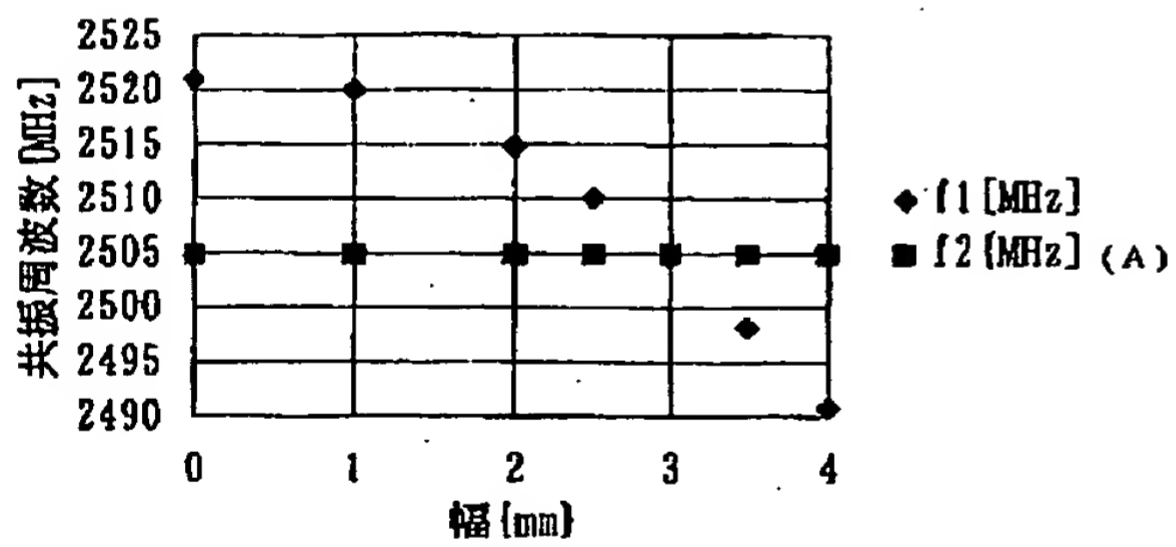
【図 11】



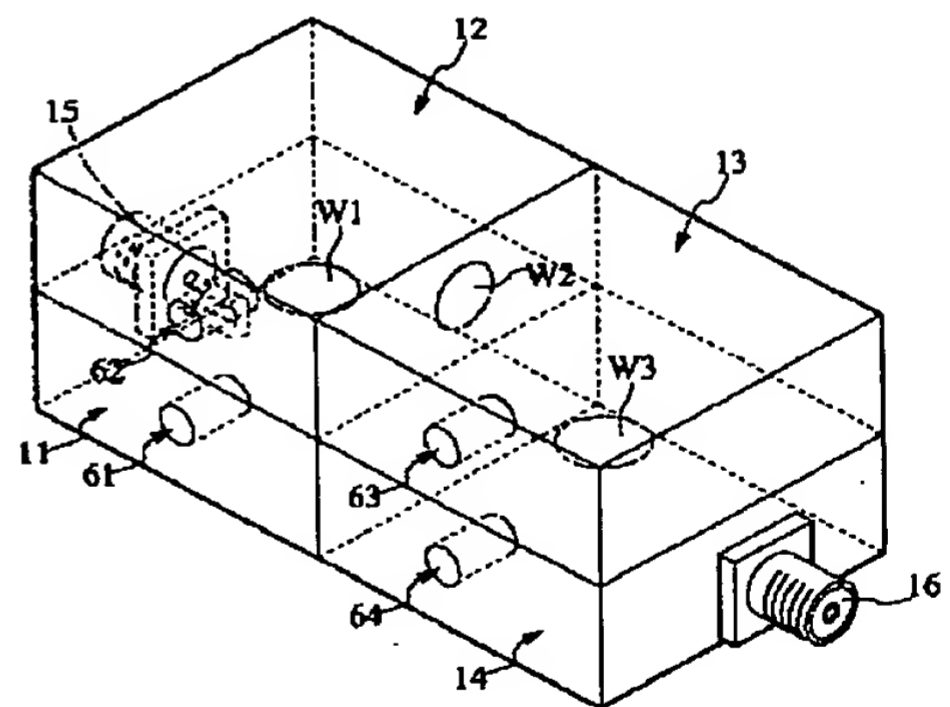
【図 19】



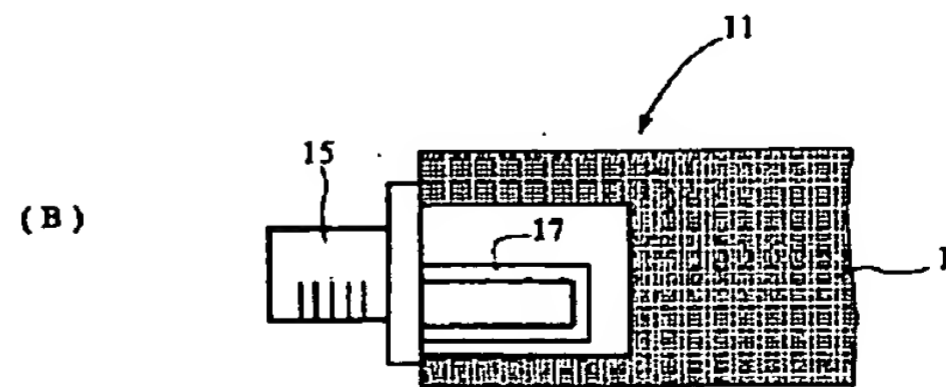
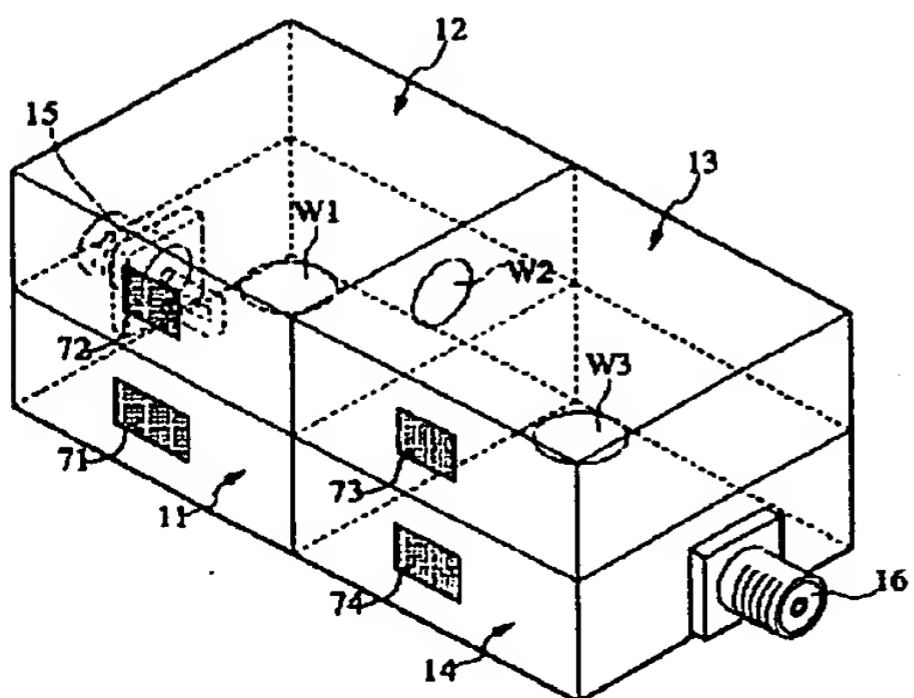
【図 12】



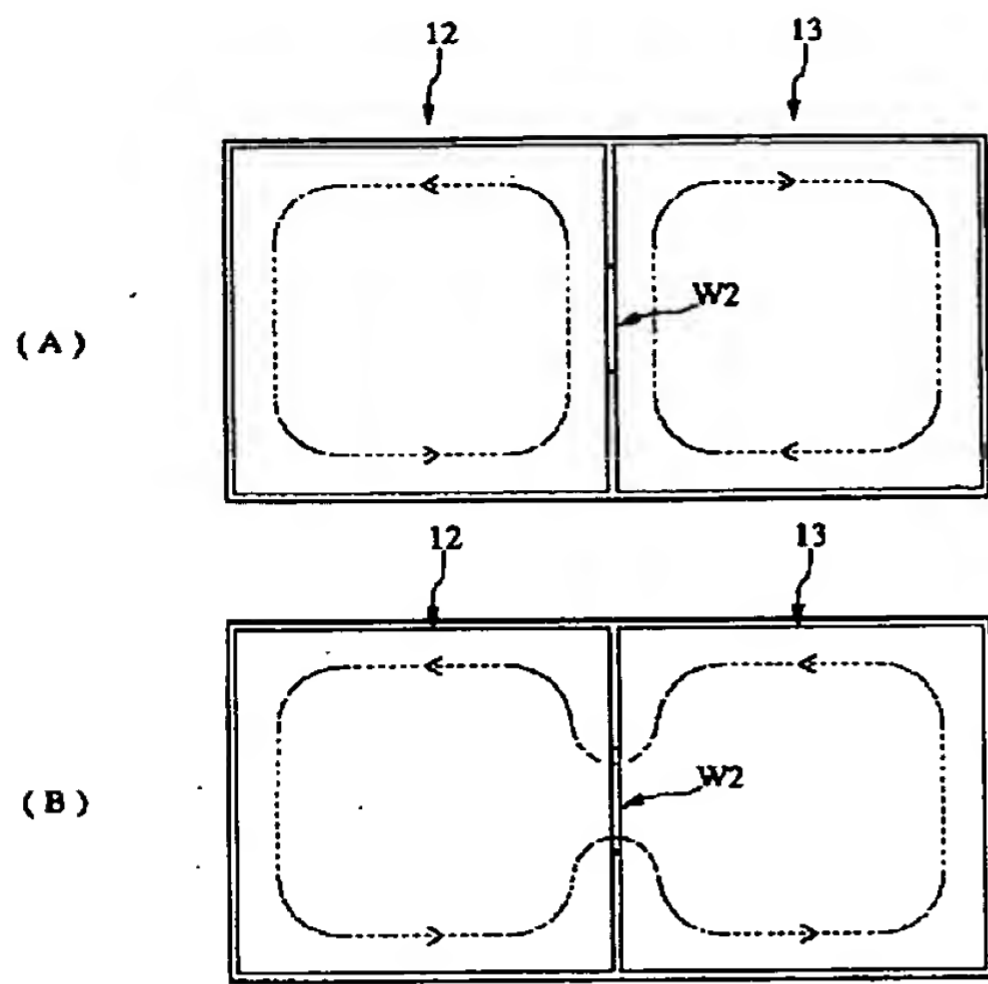
【図 13】



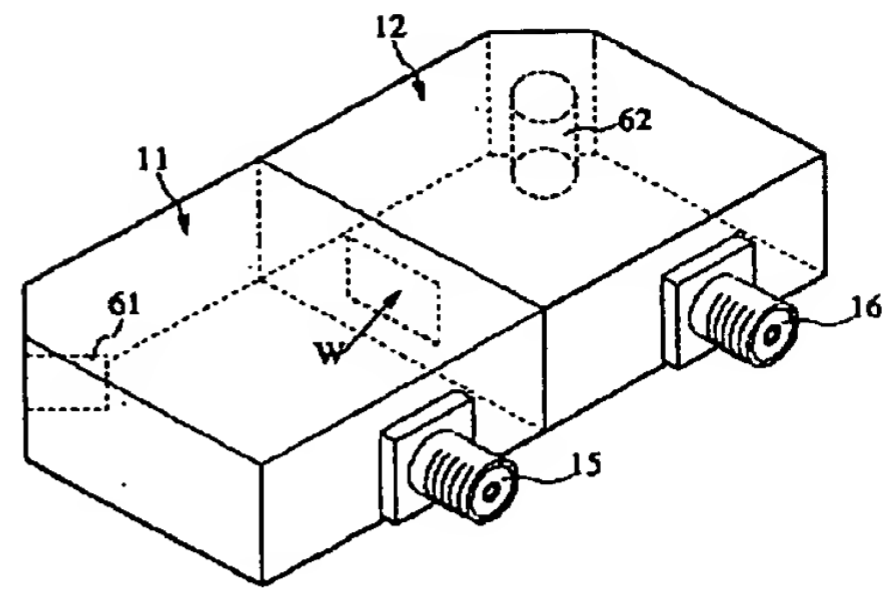
【図 16】



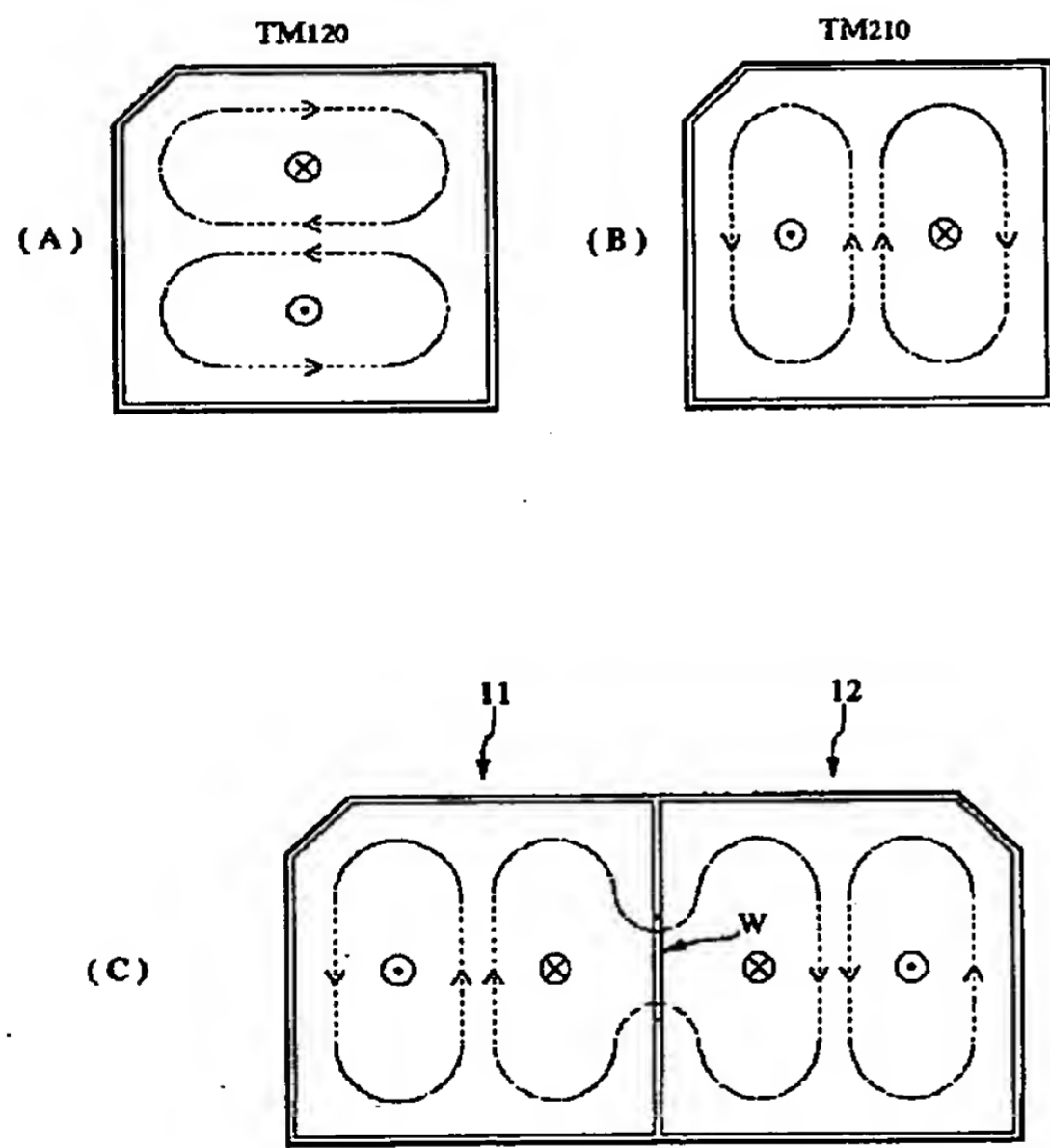
【図 1 5】



【図 1 7】



【図 1 8】



【図 2 0】

